

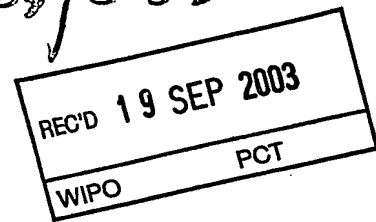
Rec'd PCT/PTO 07 APR 2005
PCT/EP 03 / 08962 #2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



EP 03 / 08962



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 46 828.1

Anmeldetag:

08. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber:

Carl Zeiss SMT AG, Oberkochen/DE

(vormals: Carl Zeiss Semiconductor Manufacturing
Technologies AG)

Bezeichnung:

Objektiv, insbesondere Projektionsobjektiv in der
Mikrolithographie

IPC:

G 02 B, G 03 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

Objektiv, insbesondere Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie

5

Die Erfindung betrifft ein Objektiv, insbesondere Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, das aus mehreren einzelnen Gehäusestrukturen zusammengesetzt ist, wobei in jeder Gehäusestruktur optische
10 Elemente angeordnet sind, und wobei durch die Gehäusestrukturen mehrere optische Achsen gebildet sind.

Objektive der eingangs erwähnten Art sind z.B. in der US 6,043,863 und US 6,195,213 B1 beschrieben. In der älteren deutschen P 101 36 388.5 ist ein System zum Vermessen eines Projektionsobjektivs mit Referenzflächen dargestellt.

Aus der EP 1 168 028 A2 ist ein Projektionsobjektiv bekannt, das aus mehreren einzelnen Gehäusestrukturen mit optischen Elementen zusammengesetzt ist. Die Anpassung bzw. Zuordnung der Gehäusestrukturen zueinander erfolgt dabei mittels einer Hilfoptik durch den Fokus hindurch. Dabei werden zur Abstands- und Längenjustierung Interferometer und zur Winkeljustierung Autokollimationsfernrohre verwendet.
25

Aus räumlichen Gründen, aber auch wegen spezifischer optischer Elemente, wie z.B. Umlenkspiegel und Strahlenteiler-elemente, liegen bei derartigen Objektiven durch Faltung des optischen Strahlenganges im Gegensatz zu einem einfachen refraktiven Objektiv mehrere optische Achsen vor, die zum Teil senkrecht und zum Teil parallel zueinander verlaufen. Die einzelnen optischen Achsen werden dabei durch verschiedene Objektivteile bzw. Gehäusestrukturen gebildet.
30

Problematisch ist es nun dabei, mit der erforderlichen hohen Genauigkeit die einzelnen optischen Achsen exakt zueinander zu justieren, insbesondere, dass sie genau parallel bzw. senkrecht zueinander verlaufen. Derartige Objektive besitzen näm-
35

lich häufig kein gemeinsames Objektivgehäuse, sondern sie sind aus mehreren Einzelgehäusestrukturen zusammengesetzt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde,
5 ein Objektiv der eingangs erwähnten Art zu schaffen, wobei die einzelnen Gehäusestrukturen bezüglich ihrer optischen Achsen exakt zueinander justiert werden können, und wobei im Bedarfs-
falle auch noch Nachjustierungen einzelner Gehäusestrukturen und/oder optischer Baugruppen und einzelner optischer Elemente
10 möglich sein sollen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass wenigstens eine erste Gehäusestruktur mit Passflächen versehen ist, an welchen ein oder mehrere weitere Gehäusestrukturen justiert und mit der ersten Gehäusestruktur verbunden sind.

Erfindungsgemäß wird nun eine Gehäusestruktur des Objektivs ausgewählt, welche den Kern des aufgebauten Objektivs bildet bzw. welche als "zentrale" Gehäusestruktur dient, um die sich
20 dann die übrigen Gehäusestrukturen gruppieren. Dabei weist die "zentrale" Gehäusestruktur die erforderlichen Passflächen auf, so dass eine entsprechend genaue Justierung und Montage erfolgen kann, wobei sich die Justierung und Ausrichtung der übrigen Gehäusestrukturen, die mit der "zentralen" Gehäusestruktur
25 verbunden werden, bezüglich deren optischen Achsen an den Passflächen und an der optischen Achse der "zentralen" Gehäusestruktur orientieren.

Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass die einzelnen optischen Achsen sehr genau aufeinander ausgerichtet sind, wobei
30 im Bedarfsfalle auch noch Nachjustierungen möglich sind.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können die Passflächen gleichzeitig auch zur Justierung von optischen
35 Baugruppen oder von einzelnen Bauelementen dienen, die in die mit Passflächen versehene Gehäusestruktur eingebaut oder an diese angebaut werden sollen.

Aus Montagegründen und auch zur Erleichterung des Justierverfahrens wird man im allgemeinen als Passflächen außenliegende Flächen an der ersten Gehäusestruktur vorsehen.

- 5 Erfindungsgemäß kann dabei vorgesehen sein, dass als außenliegende Flächen wenigstens eine erste Passfläche vorgesehen ist, die in einem Winkel von kleiner 30° , z.B. parallel zu einer ersten optischen Achse verläuft.
- 10 Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass als weitere außenliegende Flächen zwei parallel zueinander liegende Passflächen und parallel zu einer ersten optischen Achse liegende Passflächen vorgesehen sind, wobei die erste Passfläche wenigstens annähernd senkrecht oder in einem Winkel von größer 60° zu den parallel zueinander liegenden Passflächen angeordnet sein kann.

Wenn die mit den Passflächen versehene Gehäusestruktur auch mit ein oder mehreren Umlenkspiegeln zur Umlenkung der optischen Achse versehen ist, kann vorgesehen sein, dass eine

20 vierte Passfläche in einem Winkel zu der ersten Passfläche und den beiden parallel zueinander liegenden Passflächen vorgesehen ist. Der Winkel kann dabei wenigstens annähernd 45° betragen, womit eine Umlenkung der optischen Achse um wenigstens annähernd 90° stattfindet.

- 25 In einer sehr vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die zweite Gehäusestruktur mit wenigstens einer Passfläche versehen ist, auf der ein oder mehrere weitere in Unterstrukturen angeordnete optische Elemente oder
- 30 Baugruppen von optischen Elementen justiert und mit der zweiten Gehäusestruktur verbunden sind.

Dabei kann weiterhin vorgesehen sein, dass die zweite Gehäusestruktur mit wenigstens einer weiteren Passfläche versehen

35 ist, durch die die erste Gehäusestruktur mit der zweiten Gehäusestruktur verbunden ist. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, dass an der Verbindungsstelle zwischen der ersten Gehäusestruktur und der zweiten Gehäusestruktur jeweils eine Passflä-

che der ersten Gehäusestruktur und der zweiten Gehäusestruktur vorgesehen ist.

5 Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispiel.

Es zeigt:

10 Figur 1 eine Gesamtdarstellung eines erfindungsgemäßen Projektionsobjektives,

Figur 2 eine Darstellung der ersten "zentralen" Gehäusestruktur mit Passflächen,

Figur 3 eine Darstellung einer zweiten mit Passflächen versehenen Gehäusestruktur, und

20 Figur 4 eine Prinzipdarstellung eines weiteren Projektionsobjektives in anderer Bauart.

Das aus den Figuren 1 bis 3 ersichtliche Objektiv stellt ein Projektionsobjektiv 1 in einer Projektionsbelichtungsanlage mit einem Belichtungssystem 2 dar, welches einen Laser als
25 Lichtquelle, z.B. mit einer lichtemittierenden Wellenlänge kleiner als 360 nm enthält (nicht dargestellt), und ein in der Objektebene angeordnetes Retikel 3, dessen Struktur in stark verkleinerter Form auf einem Wafer 3a, der in Strahlrichtung hinter dem Projektionsobjektiv 1 angeordnet ist, abgebildet
30 wird.

Aufbau und Wirkungsweise des Projektionsobjektives 1 sind allgemein bekannt, weshalb nachfolgend nicht näher darauf eingegangen wird. Nur beispielsweise wird hierzu auf die US
35 6,043,863 und die US 6,195,213 B1 verwiesen.

Das Objektiv 1 ist aus zwei einzelnen Gehäusestrukturen gebildet, nämlich einer ersten "zentralen" Gehäusestruktur 4 und

einer zweiten Gehäusestruktur 5. Zusätzlich sind in dem Objektiv 1 verschiedene optische Baugruppen integriert bzw. angebaut. Ein zentrales Element stellt dabei eine Baugruppe 6 mit einer Fassung für ein Strahlenteilerelement 7 in Würfelform dar. Durch das Strahlenteilerelement 7 entstehen mehrere einzelne optische Achsen, die zueinander im allgemeinen senkrecht oder parallel verlaufen.

Voraussetzung für ein Objektiv mit sehr hoher Abbildegenauigkeit ist nun, dass die einzelnen optischen Achsen exakt zueinander justiert sind, dass sie sich mit ausreichender Genauigkeit treffen und genau genug parallel bzw. in einem exakten Winkel, im allgemeinen senkrecht zueinander verlaufen. Hierzu dient nun die erste Gehäusestruktur 4 mit mehreren Passflächen zur Justage und Zentrierung der zweiten Gehäusestruktur 5 und von diversen optischen Baugruppen, wie z.B. der Baugruppe 6 mit dem Strahlenteilerelement 7. Die erste Gehäusestruktur 4 ist mit einer horizontal eintauchenden optischen Baugruppe 8 mit mehreren Linsen 9 und einer Lambda/4-Platte 10, mit einer ersten angebauten optischen Baugruppe 11 mit ein oder mehreren Linsen 12 und einer Lambda/4-Platte 13 und mit einem Umlenkspiegel 14 versehen.

Das Objektiv weist eine erste optische Achse 15 auf, welche bei dem Ausführungsbeispiel in vertikaler Richtung verläuft, und eine zweite senkrecht zur ersten optischen Achse 15 liegende optische Achse 16, welche in horizontaler Richtung verläuft und welche durch das Strahlenteilerelement 7 verursacht wird. Der von dem Laser im Beleuchtungssystem 2 gebildete Strahlengang mit der ersten optischen Achse 15 wird an dem Strahlenteilerelement 7 in horizontaler Richtung mit der optischen Achse 16 umgelenkt. Hierbei wird die Polarisation des einfallenden Lichtes und die Eigenschaft von Strahlteilerwürfeln, p-polarisiertes Licht zu transmittieren und s-polarisiertes Licht an 90° zu reflektieren, ausgenutzt. Nach Durchgang durch die Baugruppe 8 mit den Linsen 9 und der Lambda/4-Platte 10 werden die Strahlen an einem konkaven Spiegel 17, der ebenfalls in die optische Baugruppe 8 integriert ist,

reflektiert. Durch die im Strahlengang liegende Lambda/4-Platte 10 erfolgt eine Drehung der Polarisierung, so dass der Lichtstrahl beim erneuten Auftreffen auf das Strahlenteiler-
element 7 dieses durchdringen kann. Anschließend werden die
5 Strahlen an dem Umlenkspiegel 14 aus der horizontalen Richtung
in die vertikale Richtung mit einer dritten optischen Achse 18
umgelenkt. Nach Durchgang durch die zweite Gehäusestruktur 5,
in der eine weitere optische Baugruppe 19 mit mehreren Linsen
20 und einer weiteren Lambda/4-Platte 21 eingebaut ist, tref-
10 fen die Strahlen auf den Wafer 3a.

Die erste Gehäusestruktur 4 besitzt eine erste Passfläche 22
auf der linken Seite. Die erste Passfläche 22 in dem gezeigten
Ausführungsbeispiel ist exakt senkrecht zu einer ebenen Unter-
seite der Gehäusestruktur 4 mit einer zweiten Passfläche 23
und einer exakt dazu parallel verlaufenden oberen dritten
Passfläche 24 der Gehäusestruktur 4. Um eine entsprechend hohe
Abbildegenauigkeit des Objektives 1 zu erhalten ist dafür zu
sorgen, dass die Passflächen 23 und 24 möglichst präzise pa-
20 rallel zueinander verlaufen und die Passfläche 22 in dem ge-
zeigten Ausführungsbeispiel exakt senkrecht dazu liegt.

Der Umlenkspiegel 14 sitzt auf einer weiteren Passfläche 25,
welche in einem Winkel, der bei dem Ausführungsbeispiel 45°
25 beträgt, zu der optischen Achse 16 liegt. Dieser Winkel muss
ebenfalls mit sehr hoher Genauigkeit gefertigt sein.

Die zweite Gehäusestruktur 5 besitzt eine obere Tragfläche für
die erste Gehäusestruktur 4. Aus diesem Grunde ist sie eben-
30 falls als Passfläche 26 ausgebildet, welche exakt parallel zu
einer Passfläche 27 in der zweiten Gehäusestruktur 5 ausgebil-
det ist und welche als Auflagefläche für die optische Baugrup-
pe 19 dient.

35 Für die Montage des Objektives ist es wichtig, dass die hohen
Genauigkeitsanforderungen an die Lage der optischen Achsen im
wesentlichen auf die Lage der Passfläche der Kern-
Gehäusestruktur 4 übertragen werden, so dass im Rahmen der

Justage im wesentlichen nur die optischen Baugruppen entlang der Passflächen der Kern-Gehäusestruktur 4 parallel verschoben werden müssen.

5 Nähere Angaben zu einer beispielhaften Vorgehensweise sind in der älteren deutschen P 101 36 388.5 beschrieben, welche damit auch den Offenbarungsgehalt für die hier vorliegende Anmeldung bildet.

10 Das Strahlenteilerelement 7 wird über eine Eingangsfläche 29 und eine zu der Passfläche 22 gerichtete Ausgangsfläche 30 derart ausgerichtet, dass die Eingangsfläche 29 exakt parallel zur Passfläche 22 liegt. Die Ausrichtung der Position der optischen Achse 18 zu seitlichen Passflächen 28a und 28b, die an der zweiten Gehäusestruktur 5 angeordnet sind, erfolgt im Zusammenwirken mit der Passfläche 27, welche exakt senkrecht zur Passfläche 26 gefertigt ist, während die Passfläche 28b exakt senkrecht zur Passfläche 28a und zur Passfläche 26 gefertigt ist.

20

In der Figur 4 ist prinzipmäßig ein Projektionsobjektiv 1 mit Passflächen entsprechend den Passflächen nach den Figuren 1 bis 3 beschrieben. Zur Vereinfachung wurden dabei für die gleichen oder gleich wirkenden Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet. Bei dem Projektionsobjektiv nach der Figur 4 handelt es sich um ein Objektiv in einem sogenannten H-Design, wobei ebenfalls eine erste Gehäusestruktur 4 hinter dem Retikel 3 angeordnet ist. An die Gehäusestruktur 4 sind zwei weitere Gehäusestrukturen 5a und 5b angeschlossen, wobei die Gehäusestruktur 5a die Verbindung zwischen den parallel zueinander ausgerichteten Gehäusestrukturen 4 und 5b bildet. Eine erste Umlenkung des Eingangstrahles erfolgt an einem Konkavspiegel 31 am unteren von dem Retikel 3 abgewandten Ende der Gehäusestruktur 4. Der von dem Konkavspiegel 31 reflektierte Strahlengang wird an einem Umlenkspiegel 32 der Gehäusestruktur 4 in die senkrecht dazu liegende Gehäusestruktur 5a umgeleitet. Ein weiterer Umlenkspiegel 33 in der Gehäusestruktur 5b sorgt dafür, dass der Strahlengang erneut um 90° umgelenkt

wird und damit die optische Achse wieder parallel zur optischen Achse in der Gehäusestruktur 4 verläuft.

Bei dem Projektionsobjektiv nach der Figur 4 dient die Gehäusestruktur 4 als zentrale Struktur und ist hierzu entsprechend mit außen liegenden Passflächen 22, 23, 24 und 25 versehen, zu denen die Gehäusestrukturen 5a und 5b und gegebenenfalls weitere optische Bauteile und Baugruppen ausgerichtet werden.

Die erfindungsgemäße Ausgestaltung ist selbstverständlich auch bei anderen Ausgestaltungen von Projektionsobjektiven einsetzbar, wie z.B. Projektionsobjektive im Schwarzschild-Design, bei dem Spiegel zur chromatischen Korrektur sich gegenüber stehen und der Strahlengang durch die zentralen Öffnungen der Spiegel verläuft.

In ähnlicher Weise ist die Erfindung auch bei einer gegenüber dem Projektionsobjektiv 1 nach der Figur 4 im H-Design abgewandelten Konstruktion einsetzbar, wobei die Umlenkspiegel zu einem Prisma zusammengefasst sind.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht nur zur Anpassung und Justierung von zwei optischen Achsen geeignet, sondern auch zur Anpassung und Justierung von mehreren optischen Achsen.

Die Reihenfolge der Montage und Justage zu den Außenflächen ist beliebig und richtet sich nach dem jeweiligen Einsatzfall. So kann z.B. eine serielle Montage vorgenommen werden. Ebenso ist auch ein gruppenweiser Zusammenbau möglich.

Patentansprüche:

1. Objektiv, insbesondere Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, das aus mehreren einzelnen Gehäusestrukturen zusammengesetzt ist, wobei in jeder Gehäusestruktur optische Elemente angeordnet sind, und wobei durch die Gehäusestrukturen mehrere optische Achsen gebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine erste Gehäusestruktur (4) mit Passflächen (22,23,24,25) versehen ist, an welchen ein oder mehrere weitere Gehäusestrukturen (5) justiert und mit der ersten Gehäusestruktur (4) verbunden sind.
2. Objektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Passflächen (22,23,24,25) zur Justage und Montage von ein oder mehreren optischen Elementen oder optischen Baugruppen (6,8,11,14) in der ersten Gehäusestruktur (4) vorgesehen sind.
3. Objektiv nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Passflächen (22,23,24,25) an außenliegenden Flächen der ersten Gehäusestruktur (4) vorgesehen sind.
4. Objektiv nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als außenliegende Flächen wenigstens eine erste Passfläche (22) vorgesehen ist, die in einem Winkel ($<$) kleiner 30° , insbesondere wenigstens annähernd parallel zu einer ersten optischen Achse (15) verläuft.
5. Objektiv nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als weitere außenliegende Flächen zwei parallel zueinander liegende Passflächen (23,24) vorgesehen sind, die in einem Winkel ($<$) kleiner 30° , insbesondere wenigstens annähernd parallel zu einer weiteren optischen Achse (16) liegen.
6. Objektiv nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Passfläche (22) wenigstens annähernd senkrecht zumindest in einem Winkel ($>$) größer 60° zu den pa-

parallel zueinander liegenden Passflächen (23,24) angeordnet ist.

- 5 7. Objektiv nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine vierte Passfläche (25) in einem Winkel zu der ersten Passfläche (22) und den beiden parallel zueinander liegenden Passflächen (23,24) vorgesehen ist.
- 10 8. Objektiv nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die vierte Passfläche (25) in einem Winkel von $45^\circ \pm 15$ zu der ersten Passfläche (22) und zu den beiden parallel zueinander liegenden Passflächen (23,24) angeordnet ist, und dass auf der vierten Passfläche (25) ein Umlenkspiegel (14) zur Erzeugung einer dritten optischen Achse (18) für eine zweite Gehäusestruktur (5) angeordnet ist.
- 20 9. Objektiv nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Gehäusestruktur (5) mit wenigstens einer Passfläche (27) versehen ist, auf der ein oder mehrere weitere in Unterstrukturen angeordnete optische Elemente oder Baugruppen (19) von optischen Elementen (20,21) justiert und mit der zweiten Gehäusestruktur (5) verbunden sind.
- 25 10. Objektiv nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Gehäusestruktur (5) mit wenigstens einer weiteren Passfläche (26) versehen ist, durch die die erste Gehäusestruktur (4) mit der zweiten Gehäusestruktur (5) verbunden ist.
- 30 11. Objektiv nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsstelle zwischen der ersten Gehäusestruktur (4) und der zweiten Gehäusestruktur (5) durch die Passflächen (23,26) der ersten Gehäusestruktur (4) und der zweiten Gehäusestruktur (5) gebildet ist.
- 35 12. Objektiv nach Anspruch 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Gehäusestruktur (5) mit mindestens

zwei weiteren Passflächen (28a,28b) versehen ist, wobei eine Passfläche (28a) senkrecht zur Passfläche (26) und wobei die weitere Passfläche (28b) senkrecht zu der weiteren Passfläche (28a) und zur Passfläche (26) verläuft, über die die zweite Gehäusestruktur (5) mit der ersten Gehäusestruktur (4) verbunden ist.

13. Projektionsbelichtungsanlage zur Herstellung von Halbleiterbauelementen mit einem Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

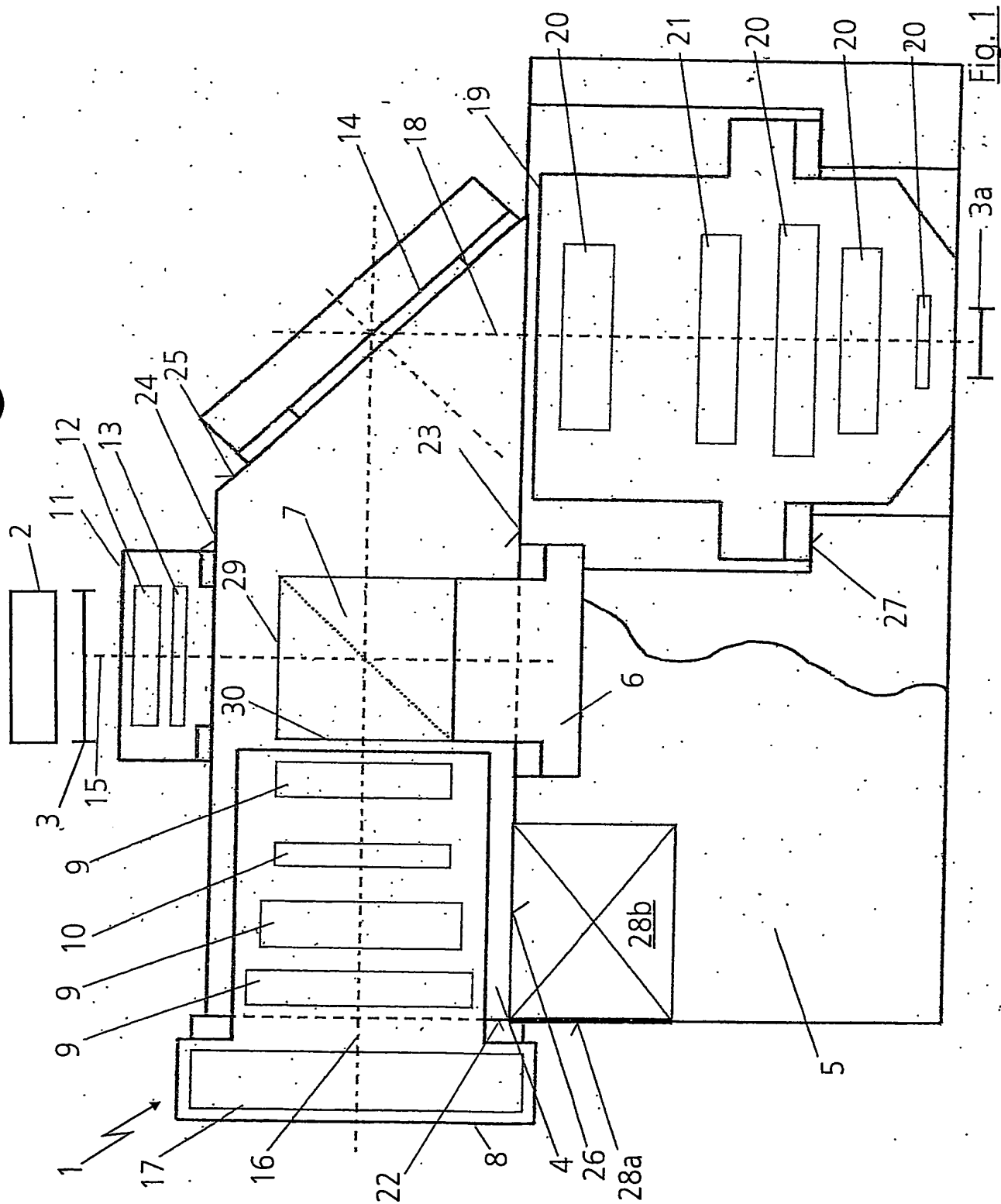
14. Projektionsbelichtungsanlage zur Herstellung von Halbleiterbauelementen nach Anspruch 13 zur Verwendung von Licht mit einer Wellenlänge von weniger als 360 nm.

Zusammenfassung:

Objektiv, insbesondere Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie

5 (Figur 1)

Ein Objektiv, insbesondere ein Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, ist aus mehreren einzelnen Gehäusestrukturen (4,5) zusammengesetzt, wobei in jeder Gehäusestruktur (4,5) optische Elemente angeordnet sind, und wobei durch die Gehäusestrukturen (4,5) mehrere optische Achsen (15,16,18,35) gebildet sind. Wenigstens eine erste Gehäusestruktur (4) ist mit Passflächen (22,23,24,25) versehen, an welchen ein oder mehrere weitere Gehäusestrukturen (5) und/oder optische Baugruppen (6,8,11,14) justiert und mit der ersten Gehäusestruktur (4) verbunden sind.



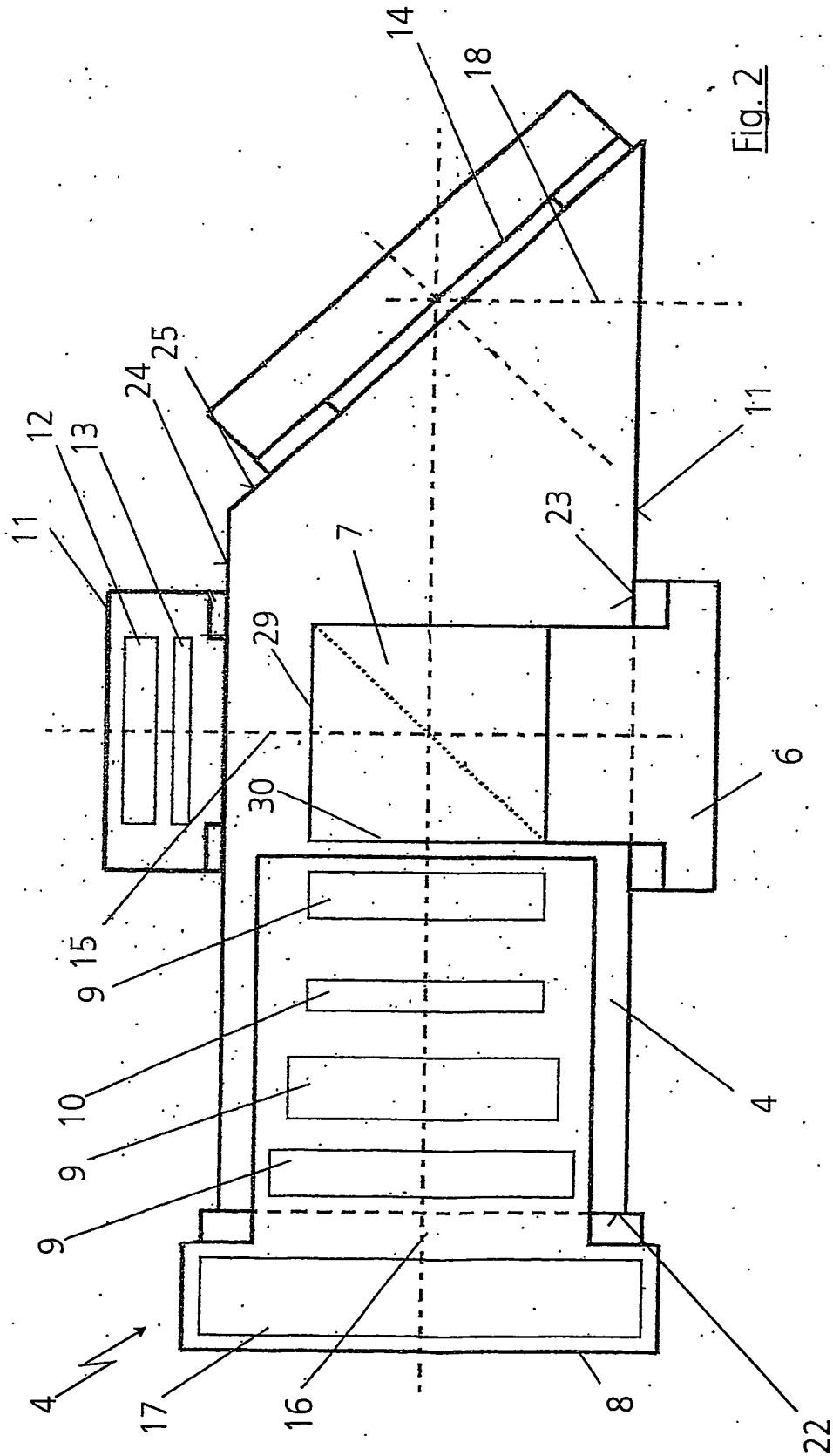


Fig. 2

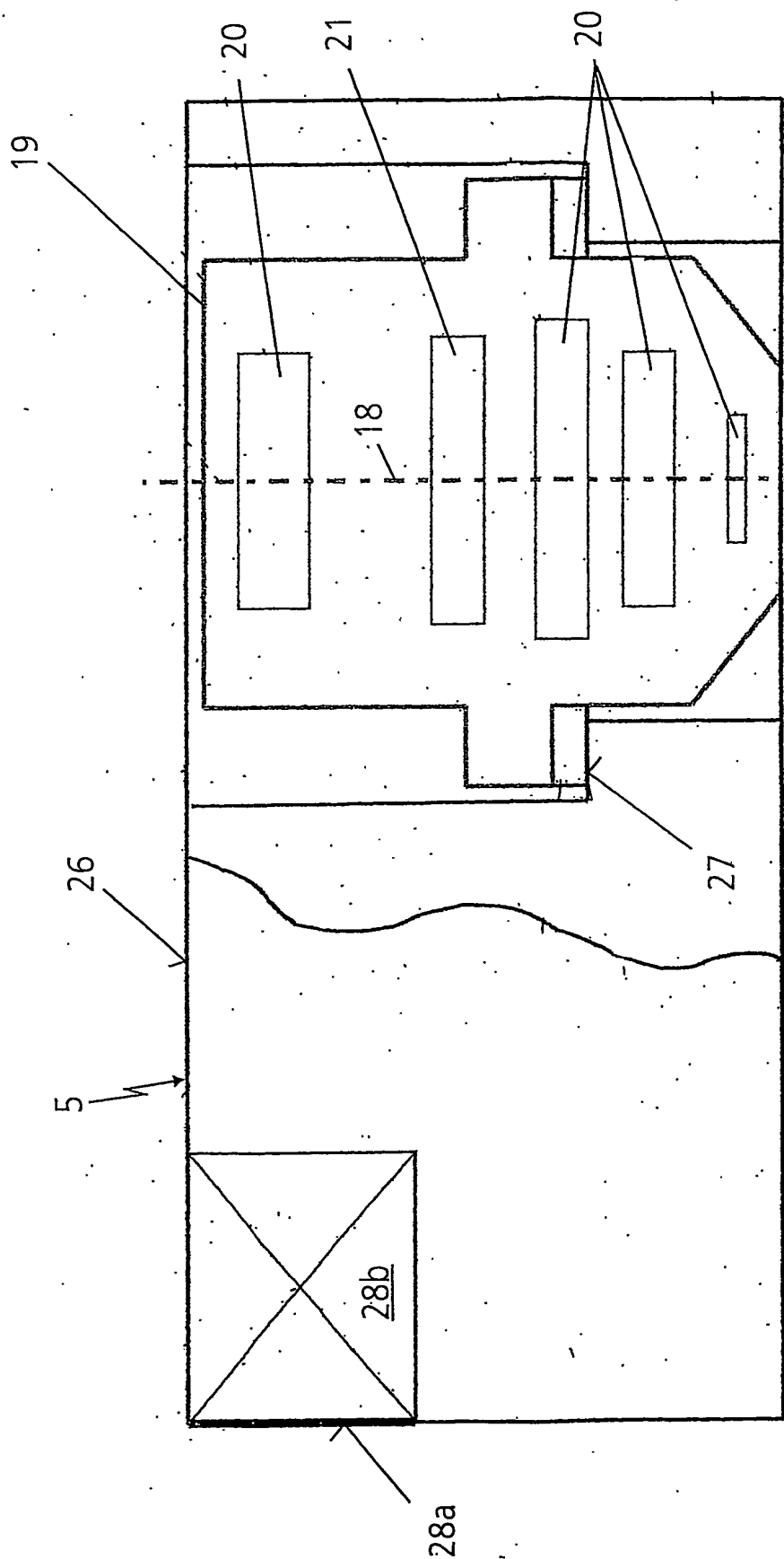


Fig. 3

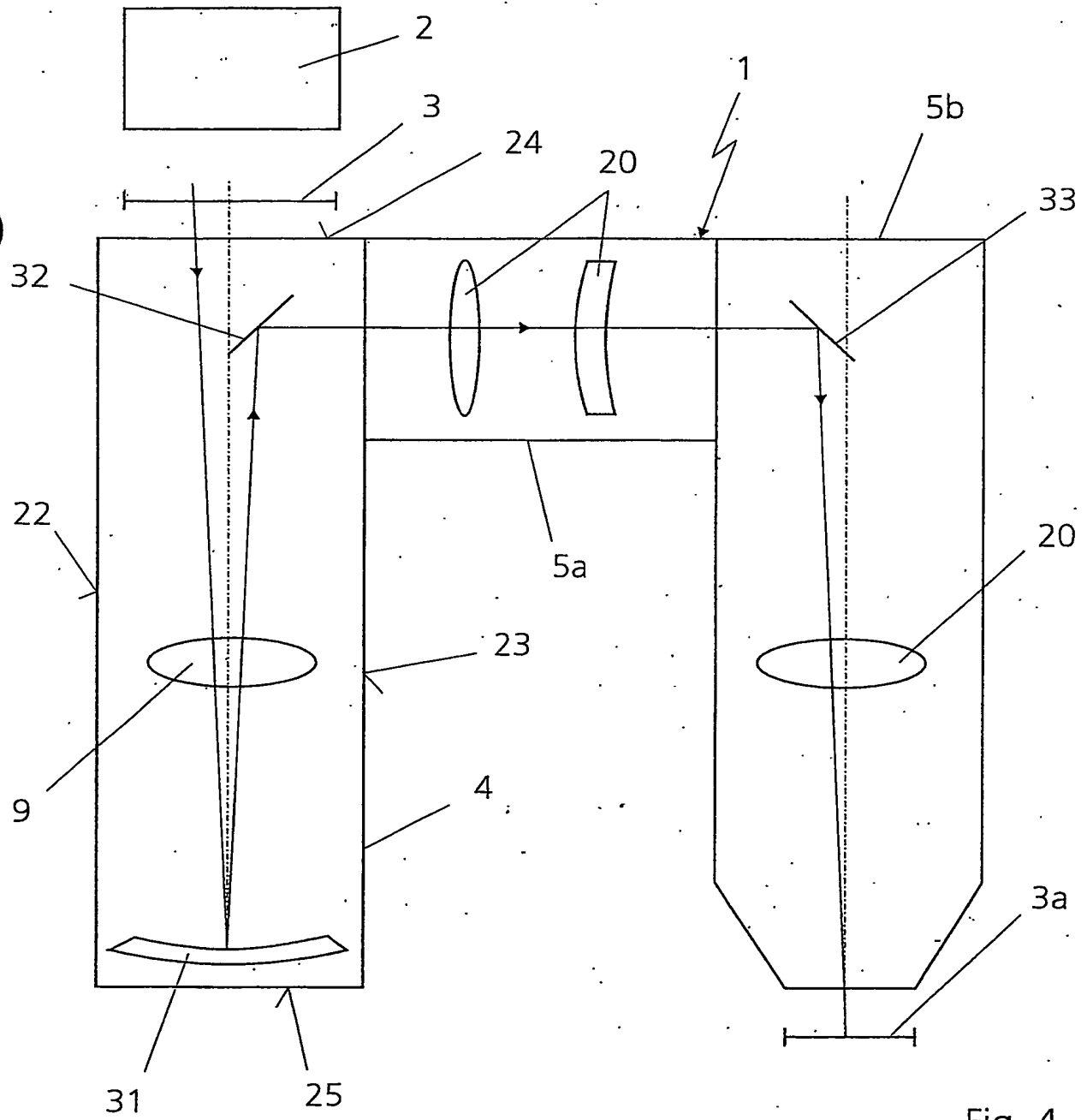


Fig. 4